



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113427123 B

(45) 授权公告日 2023. 02. 24

(21) 申请号 202110769136.9

B23K 26/70 (2014.01)

(22) 申请日 2021.07.07

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113427123 A

KR 101774290 B1, 2017.09.04

KR 20160010041 A, 2016.01.27

KR 102031927 B1, 2019.10.14

(43) 申请公布日 2021.09.24

Ze Zhang. Robust propagation of pin-like optical beam through atmospheric turbulence. 《APL Photonics》. 2019,

(73) 专利权人 齐鲁空天信息研究院
地址 250000 山东省济南市历城区工业北路矿源路9号

审查员 张一鸣

(72) 发明人 张泽 刘阳 梁欣丽

(74) 专利代理机构 北京天达知识产权代理事务
所有限公司 11386

专利代理师 庞许倩

(51) Int. Cl.

B23K 26/046 (2014.01)

B23K 26/362 (2014.01)

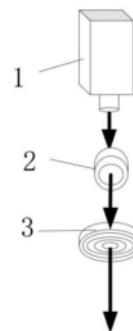
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种锋芒类光束产生装置、深孔激光加工装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种锋芒类光束产生装置、深孔激光加工装置及方法,属于激光加工技术领域,解决了现有技术中利用透镜对激光进行聚焦产生的光束瑞利长度短、进行深孔激光加工精度低、效率低的问题。该锋芒类光束产生装置包括:准直组件,用于对激光器产生的高斯光束进行准直;相位掩模板,用于对准直后的高斯光束进行立方相位波前调控,获得锋芒类光束。该装置能够获得瑞利长度长的锋芒类光束,很大程度上提高了深孔激光加工的加工精度和加工效率。



1. 一种锋芒类光束产生装置,其特征在于,包括:

准直组件,用于对激光器产生的高斯光束进行准直;

相位掩模板,用于对准直后的所述高斯光束进行立方相位波前调控,获得锋芒类光束;
相位掩模板包括多个位于同一水平面、高度相同的同心环结构;每一同心环结构均包括多个子同心环结构,在所述同心环结构中,沿其靠近圆心的一侧至其远离圆心的一侧的方向,各子同心环结构的高度呈阶梯状跳变上升,且跳变高度均相同;若将每一所述同心环结构均沿所述相位掩模板的中垂轴方向移动高出其内侧相邻同心环结构预设高度,多个所述同心环结构形成的凹面为三次曲面,并满足下述曲面公式:

$$z=a(x^3+y^3),$$

其中,所述预设高度为所述同心环结构的高度,a表示三次曲面的幅值。

2. 根据权利要求1所述的锋芒类光束产生装置,其特征在于,所述相位掩模板中,每一同心环结构均具有 2π 相深。

3. 根据权利要求1所述的锋芒类光束产生装置,其特征在于,所述跳变高度的取值范围为[20nm,60nm],所述相位掩模板的半径为厘米量级,厚度为毫米量级。

4. 根据权利要求1所述的锋芒类光束产生装置,其特征在于,所述相位掩模板的材质为熔融石英。

5. 一种深孔激光加工装置,其特征在于,包括权利要求1-4任意一项所述的锋芒类光束产生装置、傅里叶透镜以及高精密位移台;

所述锋芒类光束产生装置,用于产生锋芒类光束;

所述傅里叶透镜,用于对所述锋芒类光束进行傅里叶变换实现光束聚焦;

所述高精密位移台包括相位掩模板夹具、傅里叶透镜夹具、伺服电机和移动控制器;

所述相位掩模板夹具用于固定相位掩模板,所述傅里叶透镜夹具用于固定傅里叶透镜;

所述移动控制器,用于通过伺服电机控制所述相位掩模板夹具及所述傅里叶透镜夹具移动,进而控制所述相位掩模板及所述傅里叶透镜沿光路移动,以调节所述锋芒类光束焦斑的大小,进行激光加工。

6. 根据权利要求5所述的深孔激光加工装置,其特征在于,所述三次曲面的幅值a与经所述深孔激光加工装置产生的锋芒类光束的瑞利长度呈负相关。

7. 根据权利要求6所述的深孔激光加工装置,其特征在于,准直组件、相位掩模板以及傅里叶透镜的光轴位于同一直线,且所述相位掩模板位于所述傅里叶透镜的焦点位置处。

8. 一种深孔激光加工方法,其特征在于,包括:

利用准直组件对激光器产生的高斯光束进行准直;

利用相位掩模板对准直后的所述高斯光束进行立方相位波前调控,获得锋芒类光束;

利用傅里叶透镜对所述锋芒类光束进行傅里叶变换实现光束聚焦;

利用高精密位移台控制相位掩模板和傅里叶透镜沿光路移动,以调节所述锋芒类光束焦斑的大小,进而进行激光加工。

一种锋芒类光束产生装置、深孔激光加工装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光加工技术领域,尤其涉及一种锋芒类光束产生装置、深孔激光加工装置及方法。

背景技术

[0002] 目前,激光焊接、激光打标及激光切割等激光工艺技术普遍应用于制造行业,尤其在高端制造领域更是广泛采用激光加工技术。在激光加工过程中,激光聚焦后的瑞利长度是影响加工质量的重要参数。

[0003] 现有技术中,通常采用透镜或透镜组对激光光束进行聚焦,利用聚焦后的激光光束进行激光加工。

[0004] 现有技术中至少存在以下缺陷,采用透镜或透镜组对激光光束进行聚焦产生的光束瑞利长度短,随着激光从工件表面向其纵深进行刻蚀,激光在工件刻蚀处的光斑逐渐增大,同样精度下导致孔径和深度比较大,不利于工件的深孔刻蚀加工。

发明内容

[0005] 鉴于上述的分析,本发明实施例旨在提供一种锋芒类光束产生装置、深孔激光加工装置及方法,用以解决现有技术中利用透镜对激光进行聚焦产生的光束瑞利长度短、进行深孔激光加工精度低、效率低,不利于深孔刻蚀加工的问题。

[0006] 一方面,本发明提供了一种锋芒类光束产生装置,包括:

[0007] 准直组件,用于对激光器产生的高斯光束进行准直;

[0008] 相位掩模板,用于对准直后的所述高斯光束进行立方相位波前调控,获得锋芒类光束。

[0009] 进一步的,所述相位掩模板为同心环结构。

[0010] 进一步的,所述相位掩模板包括多个位于同一水平面、高度相同的同心环结构;

[0011] 每一同心环结构均包括多个子同心环结构,在所述同心环结构中,沿其靠近圆心的一侧至其远离圆心的一侧的方向,各子同心环结构的高度呈阶梯状跳变上升,且跳变高度均相同。

[0012] 进一步的,所述相位掩模板中,每一同心环结构均具有 2π 相深。

[0013] 进一步的,若将每一所述同心环结构均沿所述相位掩模板的中垂轴方向移动高出其内侧相邻同心环结构预设高度,多个所述同心环结构形成的凹面为三次曲面,并满足下述曲面公式:

[0014] $z = a(x^3 + y^3)$,

[0015] 其中,所述预设高度为所述同心环结构的高度,a表示三次曲面的幅值。

[0016] 进一步的,所述三次曲面的幅值a与经所述深孔激光加工装置产生的锋芒类光束的瑞利长度呈负相关。

[0017] 进一步的,所述跳变高度的取值范围为[20nm,60nm],所述相位掩模板的半径为厘

米量级,厚度为毫米量级。

[0018] 进一步的,所述相位掩模板的材质为熔融石英。

[0019] 另一方面,本发明提出了一种深孔激光加工装置,包括锋芒类光束产生装置、傅里叶透镜以及高精密位移台;

[0020] 所述锋芒类光束产生装置,用于产生锋芒类光束;

[0021] 所述傅里叶透镜,用于对所述锋芒类光束进行傅里叶变换实现光束聚焦;

[0022] 所述高精密位移台包括相位掩模板夹具、傅里叶透镜夹具、伺服电机和移动控制器;

[0023] 所述相位掩模板夹具用于固定相位掩模板,所述傅里叶透镜夹具用于固定傅里叶透镜;

[0024] 所述移动控制器,用于通过伺服电机控制所述相位掩模板夹具及所述傅里叶透镜夹具移动,进而控制所述相位掩模板及所述傅里叶透镜沿光路移动,以调节所述锋芒类光束焦斑的大小,进行激光加工。

[0025] 进一步的,准直组件、相位掩模板以及傅里叶透镜的光轴位于同一直线,且所述相位掩模板位于所述傅里叶透镜的焦点位置处。

[0026] 又一方面,本发明提供了一种深孔激光加工方法,包括:

[0027] 利用准直组件对激光器产生的高斯光束进行准直;

[0028] 利用相位掩模板对准直后的所述高斯光束进行立方相位波前调控,获得锋芒类光束;

[0029] 利用傅里叶透镜对所述锋芒类光束进行傅里叶变换实现光束聚焦;

[0030] 利用高精密位移台控制相位掩模板和傅里叶透镜沿光路移动,以调节所述锋芒类光束焦斑的大小,进而进行激光加工。

[0031] 与现有技术相比,本发明至少可实现如下有益效果之一:

[0032] 1、本发明提出的锋芒类光束产生装置,通过相位掩模板对激光器产生的高斯光束进行立方相位调控,获得具有立方相位的径向对称艾里光束,该径向对称艾里光束具有自弯曲特性,能够消除其中的横向波矢量从而获得锋芒类光束,再经傅里叶透镜聚焦变换后能够获得瑞利长度长的锋芒类光束,该锋芒类光束的瑞利长度能够达到激光器产生的高斯光束聚焦后的瑞利长度的1至7倍。

[0033] 2、本发明提出的深孔激光加工装置及方法,利用锋芒类光束产生装置获得长瑞利长度的光束,并通过调整相位掩模板和傅里叶透镜在其光路上移动,以调整锋芒类光束的焦斑大小,进而利用该锋芒类光束进行深孔激光加工,在保证加工精度的前提下,能够实现大深径比、微孔、高质量加工,避免刻蚀点下移导致加工孔径增大的问题,有利于纵深刻蚀,提高了激光深孔加工的效率。

[0034] 3、本发明提出的锋芒类光束产生装置,利用的器件少,结构简单;通过将 10π 相深的相位掩模板压缩为具有 2π 相深的表面结构,降低了相位掩模板的刻蚀工艺难度,相位掩模板的刻蚀精度能够达到纳米精度,从而提高了其对高斯光束的调控能力和调控精度。

[0035] 本发明中,上述各技术方案之间还可以相互组合,以实现更多的优选组合方案。本发明的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分优点可从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过说明书以及附图中所

特别指出的内容中来实现和获得。

附图说明

[0036] 附图仅用于示出具体实施例的目的,而并不认为是对本发明的限制,在整个附图中,相同的参考符号表示相同的部件。

[0037] 图1为本发明实施例锋芒类光束产生装置的示意图;

[0038] 图2为本发明实施例具有 10π 相深的相位掩模板的竖截面示意图;

[0039] 图3为本发明实施例具有 2π 相深、为同心环结构的相位掩模板的竖截面的示意图;

[0040] 图4为本发明实施例包括子同心环结构的相位掩模板的径向竖截面的示意图;

[0041] 图5为本发明实施例加工获得的实物相位掩模板的示意图;

[0042] 图6为两对具有艾里光束型立方相位调制的波分量沿着抛物线轨迹向中心弯曲的传输图;

[0043] 图7为本发明实施例相位掩模板调制产生相干叠加的光束分量的示意图;

[0044] 图8为本发明实施例高斯光束的示意图;

[0045] 图9为本发明实施例高斯光束传输的示意图;

[0046] 图10为本发明实施例高斯光束经相位掩模板调制产生多个环形光束相干叠加后的光束传输的示意图;

[0047] 图11为本发明实施例深孔激光加工装置的示意图;

[0048] 图12为本发明实施例深孔激光加工方法的流程图。

[0049] 附图标记:

[0050] 1-激光器;2-准直组件;3-相位掩模板;4-傅里叶透镜;5-待加工工面;6-移动控制器;7-伺服电机;8-相位掩模板夹具;9-傅里叶透镜夹具;10-轨道。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图来具体描述本发明的优选实施例,其中,附图构成本申请一部分,并与本发明的实施例一起用于阐释本发明的原理,并非用于限定本发明的范围。

[0052] 本发明的一个具体实施例,公开了一种锋芒类光束产生装置。如图1所示,该装置包括激光器1、准直组件2、相位掩模板3。其中,

[0053] 激光器1,用于产生高斯光束。

[0054] 准直组件2,用于对激光器1产生的高斯光束进行准直。可选的,可以使用准直镜,也可以使用一个或多个反射镜替代准直组件2,对高斯光束进行准直。

[0055] 相位掩模板3,用于对准直后的高斯光束进行立方相位波前调控,获得锋芒类光束。

[0056] 具体的,通过相位掩模板对激光器产生的高斯光束进行立方相位调控,能够获得具有立方相位的径向对称艾里光束,该径向对称艾里光束具有自弯曲特性,能够消除其中的横向波矢量,从而能够获得瑞利长度较长的锋芒类光束。

[0057] 具体的,该锋芒类光束指的是瑞利长度较长的光束,即相比于高斯光束,经相位掩模板对高斯光束调制后获得的锋芒类光束的瑞利长度更长,能够达到未经处理的高斯光束的瑞利长度的1倍至7倍。

[0058] 优选的,采用 10π 相深且上表面为三次凹曲面的相位掩模板,实现对高斯光束进行立方相位调控。该相位掩模板经三次凹曲面曲率中心的竖截面的如图2所示。其中,三次凹曲面满足下述曲面公式:

$$[0059] \quad z=a(x^3+y^3),$$

[0060] 其中,a表示三次曲面的幅值。该幅值a与获得的径向对称艾里光束的立方相位呈正相关,径向对称艾里光束的立方相位与锋芒类光束的瑞利长度呈负相关,即幅值a与经相位掩模板调制产生的锋芒类光束的瑞利长度呈负相关,因此可通过调整相位掩模板满足的三次曲面的幅值,以调整获得的锋芒类光束的瑞利长度。

[0061] 考虑到,具有 10π 相深的相位掩模板的刻蚀加工难度大,为了降低刻蚀工艺难度,将具有 10π 相深的相位掩模板设计为包含5个处于同一平面、高度相同的同心环结构的表面结构,每一同心环结构均具有 2π 周期相深,因此,能够实现与前述具有 10π 相深且上表面为三次凹曲面的相位掩模板相同的功能,即能够实现高斯光束进行立方相位调控。相深调整后的相位掩模板的径向竖截面如图3所示。具体的,高度相同指的是同心环最高点位置处对应的高度。

[0062] 具体的,考虑到每一同心环结构对应的曲面刻蚀难度大,因此,如图4所示,设计相位掩模板中的每一同心环结构均包括多个子同心环结构,在每一同心环结构中,沿其靠近圆心的一侧至其远离圆心的一侧的方向,各子同心环结构的高度呈阶梯状跳变上升,且跳变高度均相同,使同心环结构中各子同心环结构形成的曲面与同心环结构的对应的曲面是一致的,从而在降低刻蚀难度的同时,提高刻蚀精度。其中,跳变高度的取值范围为[20nm, 60nm],示例性,跳变高度为40nm;优选的,相位掩模板的半径为厘米量级,示例性的,相位掩模板的半径为2.5cm,厚度为毫米量级,示例性的,相位掩模板的厚度的取值范围为[3mm, 10mm],示例性的,其厚度为6mm。优选的,相位掩模板的材质为熔融石英。基于上述设计获得的相位掩模板实物的一部分如图5所示。

[0063] 基于上述相位掩模板的设计,若将最终获得的相位掩模板中每一同心环结构均沿相位掩模板的中垂轴方向移动高出其内侧相邻同心环结构预设高度,多个同心环结构形成的凹面则为三次曲面,即如图2所示。其中,预设高度为同心环结构的高度。

[0064] 本发明提出的锋芒类光束产生装置所基于的一个原理是,径向对称艾里光束具有自弯曲特性,因此可消除横向波矢量,从而获得瑞利长度较长的锋芒类光束。

[0065] 具体的,有限大小的光束可以视为由许多平面波分量组成,其衍射是由传输期间的波分量的“移相”所引起。在传输过程中保持光束形状不受衍射的改变则需要所有波分量沿相同方向传输并消除任何纵向位置的横向波矢量,而径向对称的艾里光束凭借自弯曲特性可以消除横向波矢量。

[0066] 具体的,相位掩模板将高斯光束调制为多个截断艾里光束,该截断艾里光束由n多个三角形的艾里拼接而成,改变截断艾里光束的顶角可以控制艾里光束的总数和每个艾里光束细丝的程度。具体的,截断艾里光束由n多个三角形的艾里拼接而成,顶角越小,艾里光束细丝的程度越高。相位掩模板调制高斯光束为径向对称的截断艾里光束,当产生多于32个这样的截断艾里光束,则生成的输出光束与突然的自动聚焦光束非常相似,即当顶角接近零时,产生的艾里光束细丝数达到无限个,在这种情况下,可以实现理想的径向对称的艾里光束。由于自加速的作用,所有艾里光束在传输过程中都向中心弯曲,从而导致整个光束

出现明显的自聚焦。图6为两对具有艾里光束型立方相位调制的波分量沿着抛物线轨迹向中心弯曲的传输图,艾里光束的横向波矢量被抵消。

[0067] 具体的,横向波矢量消除机理如下:

[0068] 假设有两束具有不同横向波矢量的光束沿z方向传播:其中一个波矢量写为 $E_1 = E_0 e^{(i\vec{k}_x x + i\vec{k}_z z)}$, 另一个波矢量写为 $E_2 = E'_0 e^{(i\vec{k}'_x x + i\vec{k}_z z)}$, 两个光束的叠加近似表示为:

$$[0069] \quad E = E_1 + E_2 = E_0 \left[2 \cos(\vec{k}_x x) e^{i\vec{k}_z z} + e^{(-i\vec{k}_x x + i\vec{k}_z z)} \left(e^{i(\vec{k}'_x + \vec{k}_x)x} - 1 \right) \right] + (E'_0 - E_0) e^{(i\vec{k}'_x x + i\vec{k}_z z)}$$

[0070] 在上述等式中,当 $\vec{k}_x = -\vec{k}'_x$ 和 $E_0 = E'_0$ 时,第二项和第三项被去除而仅保留第一项,在这种情况下两个光束的叠加消除了所有横向矢量,这意味着叠加的光束可以在传播过程中保持其形状。

[0071] 对于二维光束的传播, E'_0 和 E_0 通常采用高斯函数而不是平面波的形式。在不同情况下两个高斯光束的波矢消除过程分别为:(1)对于 $\vec{k}_x = -\vec{k}'_x$ 和 $E_0 = E'_0$ 的情况,两个光束的叠加可以消除所有横向波矢量,因此光束可以长时间保持其形状;(2)在 $\vec{k}_x = -2\vec{k}'_x$ 和 $E_0 = E'_0$ 的情况下,两个光束的叠加仍然保留部分横向波矢量,因此光束以横向位移传输;(3)对于 $\vec{k}_x = -\vec{k}'_x$, 和 $E_0 = 2E'_0$ 的情况,两个光束的叠加可以消除横向波矢量,但严重损害条纹图案的可见性。

[0072] 从干涉效应的角度来讲,高斯光束经同心环结构的相位掩模板调制后能够产生类似于多个环形光束相干叠加效果的光束,相干叠加的光束分量如图7所示,且对应的环形光束的尺寸依次增大,其中,较小环形光束的外部尺寸等于较大环形光束的外部尺寸,四个环形光束叠加后获得的总光束的尺寸和强度与图8所示的高斯光束的尺寸和强度均相同。具体的,高斯光束和经相位掩模板调制产生类似于多个环形光束相干叠加后获得的光束传播的示意图分别如图9、10所示,从两图中可以看出,高斯光束和叠加光束的传输过程不同。其中,叠加光束在位置A处出现自聚焦,而高斯光束在传输过程中发生衍射。当高斯光束的束腰等于叠加光束在位置A处的光斑尺寸 ω_0 时,高斯光束发生衍射的区域对应图10中横向点划线围成的区域;高斯光束的光斑尺寸增加到 $\sqrt{2}\omega_0$ (高斯光束瑞利长度的定义) 时的位置对应图10中竖直实线位置处,图10中,叠加光束的光斑尺寸增加 $\sqrt{2}\omega_0$ 时的位置为图中竖直虚线所示的位置,可以看出,叠加光束发生干涉产生的光束的瑞利长度要比相同尺寸、高度的高斯光束的瑞利长度长。这是由于经相位掩模板调制产生的叠加光束的横向波矢量在传播过程中被消除,叠加光束的衍射要比相同尺寸的单个高斯光束慢得多,与高斯光束相比,叠加光束具有更大的瑞利长度。

[0073] 理论上当艾里光束细丝数量达到无穷大时,相位掩模板对高斯光束调制后获得的叠加光束的动力学表达式如下:

$$[0074] \quad \psi(r, z) = 8(\pi k \beta^2 z^3)^{1/2} A(4\beta z^2) J_0(4k\beta r z) e^{i\left(\frac{kr^2}{2z} - \frac{8}{3}k\beta^2 z^3 - \frac{\pi}{4}\right)},$$

[0075] 其中, k 为波数, β 为反向长度尺寸参数,该参数确定光波相位振荡的局部频率, z 为

传输距离，A为艾里函数， $A(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \cos\left(\frac{t^3}{3} + xt\right) dt$ ， J_0 为零阶贝塞尔函数，

$J_0(x) = \sum_{m=0}^{\infty} (-1)^m \frac{x^{2m}}{2^{2m} (m!)^2}$ 。所产生的叠加光束呈贝塞尔状光束的形式，其光束宽度与传输

距离成反比，公式如下：

[0076] $w(z) = 1/4k\beta z$ 。

[0077] 本发明的另一个实施例，公开了一种深孔激光加工装置，包括前述的锋芒类光束产生装置、傅里叶透镜4以及高精密位移台。具体如图11所示，高精密位移台包括相位掩模板夹具8、傅里叶透镜夹具9、伺服电机7和移动控制器6及轨道10。

[0078] 该深孔激光加工装置主要是基于前述锋芒类光束产生装置产生的瑞利长度较长的锋芒类光束进行激光加工。

[0079] 具体的，锋芒类光束产生装置，用于产生锋芒类光束。

[0080] 傅里叶透镜4用于对锋芒类光束进行傅里叶变换实现光束聚焦。

[0081] 优选的，准直组件2、相位掩模板3以及傅里叶透镜4的光轴位于同一直线，且相位掩模板3位于傅里叶透镜的焦点位置处。

[0082] 相位掩模板夹具8用于固定相位掩模板，傅里叶透镜夹具9用于固定傅里叶透镜。优选的，相位掩模板夹具8的一端夹持固定相位掩模板，另一端滑动连接于轨道10上，同理，傅里叶透镜夹具9的一端夹持固定相位掩模板，另一端滑动连接于轨道10上。

[0083] 移动控制器6，用于通过伺服电机7控制相位掩模板夹具8及傅里叶透镜夹具9沿轨道10移动，进而控制相位掩模板及傅里叶透镜沿光路移动，以调节锋芒类光束焦斑的大小，进行激光加工。

[0084] 优选的，待加工工面5位于傅里叶透镜4的焦点位置处。具体的，通过控制相位掩模板及傅里叶透镜沿光路均向准直组件方向移动，使傅里叶透镜到待加工工面的距离大于傅里叶透镜的焦距，进而使获得的光束焦斑变大；或者，通过控制相位掩模板及傅里叶透镜沿光路均向待加工工面方向移动，使傅里叶透镜到待加工工面的距离小于傅里叶透镜的焦距，进而使获得的光束焦斑变大。具体的，无论如何移动，相位掩模板和傅里叶透镜的距离均保持不变。

[0085] 本发明的另一个实施例，公开了一种深孔激光加工方法，并基于前述深孔激光加工装置实施例进行实施。具体的，该方法包括：

[0086] S110、利用准直组件对激光器产生的高斯光束进行准直。

[0087] S120、利用相位掩模板对准直后的高斯光束进行立方相位波前调控，获得锋芒类光束。

[0088] S130、利用傅里叶透镜对锋芒类光束进行傅里叶变换实现光束聚焦。

[0089] S140、利用高精密位移台控制相位掩模板和傅里叶透镜沿光路移动，以调节锋芒类光束焦斑的大小，进而进行激光加工。

[0090] 与现有技术相比，本发明实施例公开的锋芒类光束产生装置，本发明提出的锋芒类光束产生装置，通过相位掩模板对激光器产生的高斯光束进行立方相位调控，获得具有立方相位的径向对称艾里光束，该径向对称艾里光束具有自弯曲特性，能够消除其中的横

向波矢量从而获得锋芒类光束,再经傅里叶透镜聚焦变换后能够获得瑞利长度长的锋芒类光束,该锋芒类光束的瑞利长度能够达到激光器产生的高斯光束聚焦后的瑞利长度的1至7倍。其次,本发明实施例公开的深孔激光加工装置及方法,利用锋芒类光束产生装置获得长瑞利长度的光束,并通过调整相位掩膜板和傅里叶透镜在其光路上移动,以调整锋芒类光束的焦斑大小,进而利用该锋芒类光束进行深孔激光加工,在保证加工精度的前提下,能够实现大深径比、微孔、高质量加工,避免刻蚀点下移导致加工孔径增大的问题,有利于纵深刻蚀,提高了激光深孔加工的效率。此外,本发明实施例公开的锋芒类光束产生装置,利用的器件少,结构简单;通过将 10π 相深的相位掩膜板压缩为具有 2π 相深的表面结构,降低了相位掩膜板的刻蚀工艺难度,相位掩膜板的刻蚀精度能够达到纳米精度,从而提高了其对高斯光束的调控能力和调控精度。

[0091] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

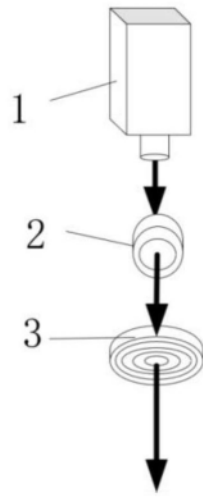


图1

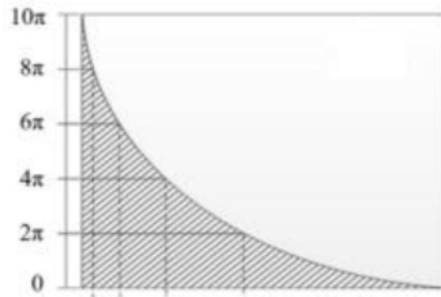


图2



图3



图4

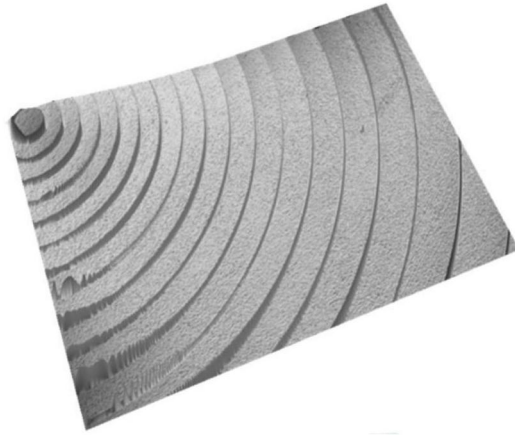


图5

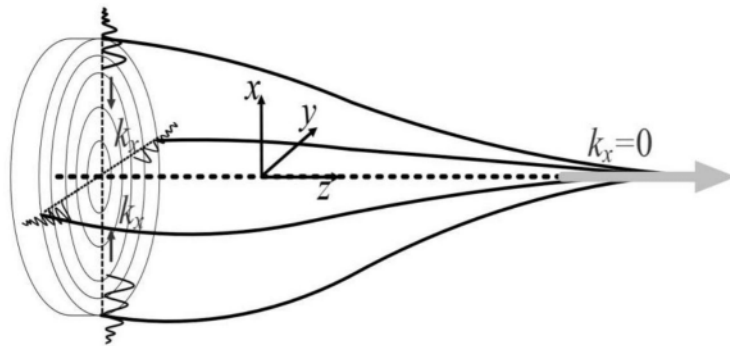


图6

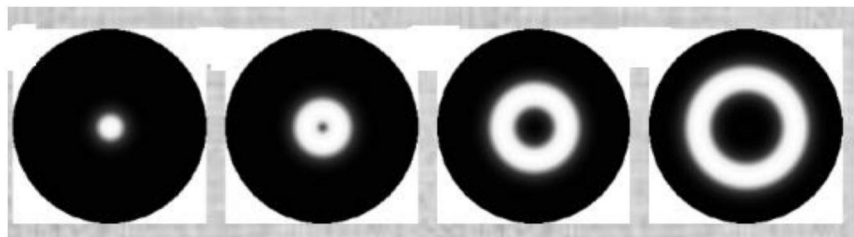


图7

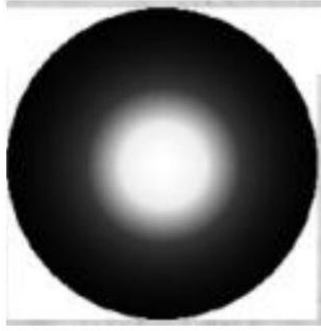


图8

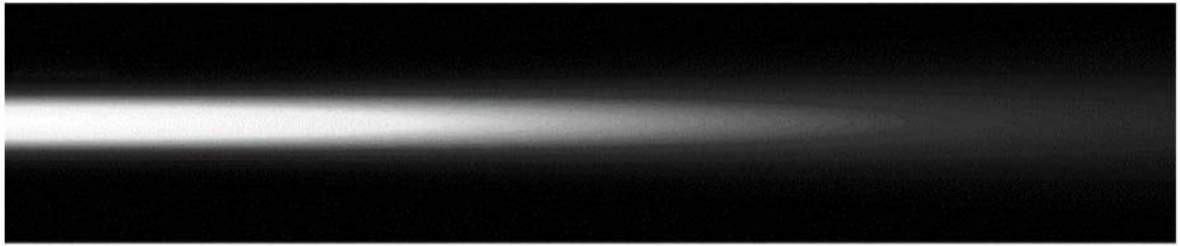


图9

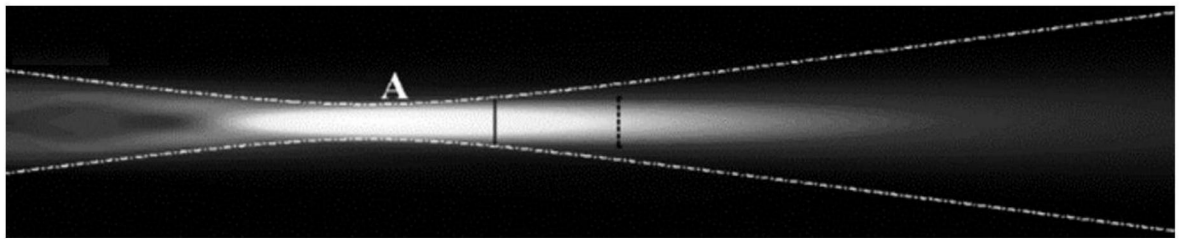


图10

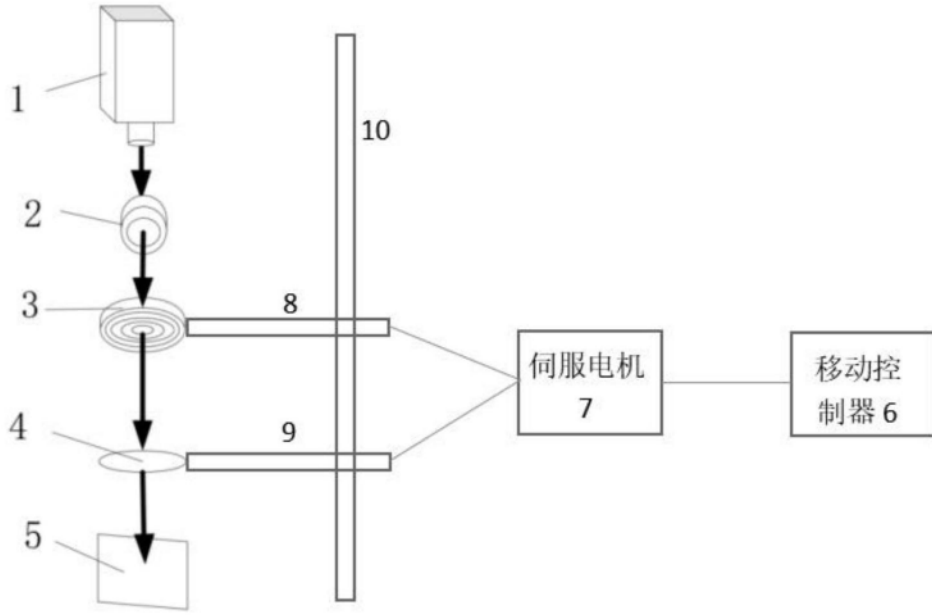


图11

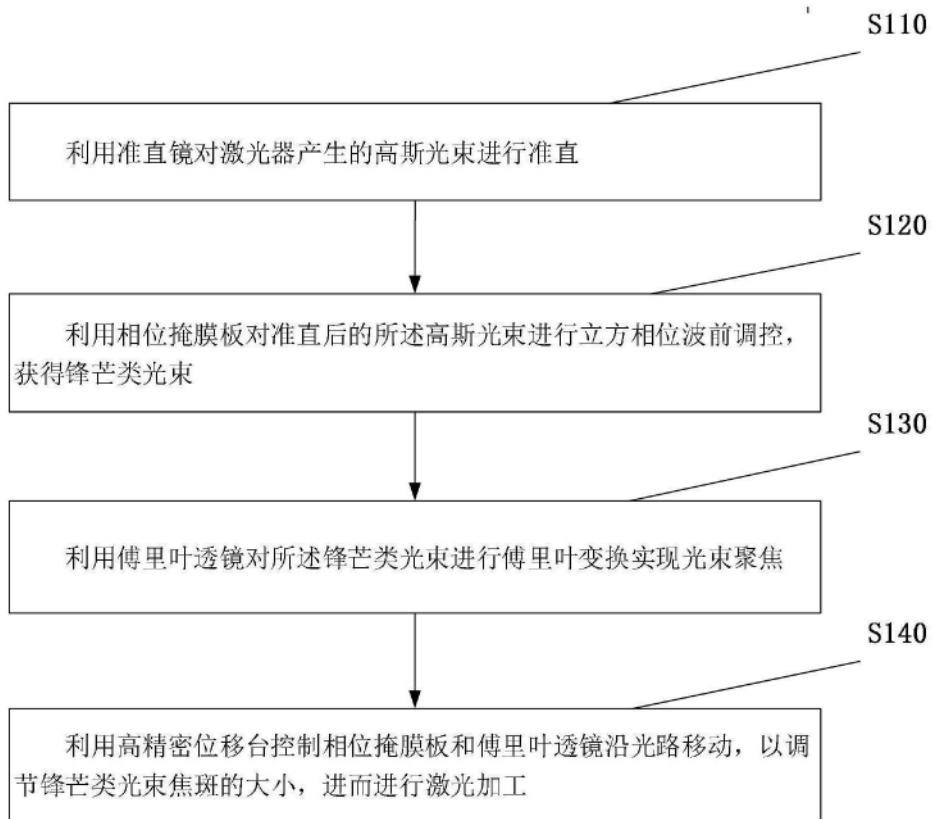


图12